

**STUDI EKSPERIMEN PERFORMANSI *HEAT EXCHANGER*
TIPE *SHELL AND TUBE*, *CROSS-FLOW 4 PASS UNMIXED*
DENGAN VARIASI 3 DAN 6 *CIRCULARFIN TUBE*
UNTUK MENGERINGKAN SINGKONG**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I
Pada Jurusan Teknik Mesin**

Oleh:

Gilang Yudha Mahardhika

D200160014

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2018

HALAMAN PERSETUJUAN

**STUDI EKSPERIMEN PERFORMANSI *HEAT EXCHANGER*
TIPE *SHELL AND TUBE*, *CROSS-FLOW 4 PASS UNMIXED*
DENGAN VARIASI 3 DAN 6 *CIRCULARFIN TUBE*
UNTUK MENGERINGKAN SINGKONG**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

Gilang Yudha Mahardhika

D200160014

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



Ir. Sartono Putro, MT.

NIK. 737

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI EKSPERIMEN PERFORMANSI *HEAT EXCHANGER*
TIPE *SHELL AND TUBE*, *CROSS-FLOW 4 PASS UNMIXED*
DENGAN VARIASI 3 DAN 6 *CIRCULARFIN TUBE*
UNTUK MENGERINGKAN SINGKONG**

OLEH

GILANG YUDHA MAHARDHIKA

D200160014

**Telah di pertahankan di depan Dewan Penguji Universitas Muhammadiyah
Surakarta**

Fakultas Teknik Mesin

Pada hari kamis, 26 juli 2018

Dewan Penguji :

1. Ir. Sartono Putro.,MT.

(Ketua Dewan Penguji)

2. Ir. Agus Hariyanto.,MT.

(Sekertaris Dewan Penguji)

3. Nurmuntaha A.,ST.MT.

(Anggota Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)



Dekan,

Ir. Sri Sunarjono, MT.,Ph.D.,IPM

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 3 Agustus 2018

Penulis



GILANG YUDHA MAHARDHIKA

D200160014

**STUDI EKSPERIMEN PERFORMANSI *HEAT EXCHANGER* TIPE
SHELL AND TUBE, *CROSS-FLOW 4 PASS UNMIXED* DENGAN
VARIASI 3 DAN 6 *CIRCULAR FIN TUBE*
UNTUK MENGERINGKAN SINGKONG**

Abstrak

Heat exchanger merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan panas atau kalor antara dua fluida atau lebih tanpa terjadinya pencampuran (kontak langsung) antara fluida tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *volume flow rate* fluida dingin terhadap perubahan temperatur fluida dingin, perubahan laju kalor yang diterima fluida dingin, koefisien perpindahan kalor total, efisiensi *heat exchanger*, dan perubahan massa beban pengeringan berupa singkong pada *Studi Eksperimen Performansi Heat Exchanger Tipe Shell and Tube, Cross-flow 4 Pass Unmixed Dengan Variasi 3 dan 6 Circular Fin Tube*. Aliran yang digunakan merupakan aliran menyilang, dimana fluida dingin dialirkan menuju *heat exchanger* melalui *tube*. Fluida dingin tersebut akan menerima kalor dari fluida panas yang dihasilkan dari proses pembakaran gas LPG. Fluida panas dialirkan pada *shell heat exchanger*. Fluida dingin yang telah dialirkan dalam *tube heat exchanger* dan menerima kalor tersebut akan keluar menuju mesin pengering yang digunakan untuk mengeringkan singkong sebagai beban pengeringan. Pada *Heat Exchanger Tipe Shell and Tube, Cross-flow 4 Pass Unmixed Dengan Variasi 3 circular fin tube*, hasil optimal diperoleh pada fluida dingin dengan *volume flow rate* $0.027 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan perubahan massa singkong sebesar 154 gr, laju kalor yang diterima fluida dingin sebesar 2104,9 Watt, dan efisiensi *heat exchanger* 30,0 %. Pada *Heat Exchanger Tipe Shell and Tube, Cross-flow 4 Pass Unmixed Dengan Variasi 6 circular fin tube*, hasil optimal diperoleh pada fluida dingin dengan *mass flow rate* 0.023 Kg/s dengan perubahan massa singkong sebesar 268,0 gr, laju kalor yang diterima fluida dingin sebesar 1986,6 Watt, dan efisiensi *heat exchanger* 28,3 %.

Kata kunci: *heat exchanger, fin, volume flow rate, kalor, fluida*

Abstract

Heat exchanger is an equipment used to move heat between two fluids or more without the occurrence of mixing (direct contact) between the fluids. The purpose of this research is to know the effect of cold fluid volume flow rate to cold temperature change of fluid, change of heat rate received cold fluid, total heat transfer coefficient, heat exchanger efficiency, and change of curing load mass in the form of cassava at performance experiment study of heat exchanger shell and tube type, cross-flow 4 pass unmixed with variation of 3 and 6 circular fin tube. The flow used is a crossed stream, where cold fluid is flowed to the heat exchanger through the tube. The cold fluid will receive the heat from the hot fluid generated from the LPG gas combustion process. Hot fluid is flowed on a heat exchanger shell. The cold fluid that has been flowed in the heat exchanger tube and receives the heat will go out to the drying machine used to dry the cassava as

a drying load. In performance experiment study of heat exchanger shell and tube type, cross-flow 4 pass unmixed with variation of 3 circular fin tube, the optimum result is obtained in cold fluids with mass flow rate of $0,027\text{m}^3/\text{s}$ with the change of cassava mass of 154 gr, the heat rate received by cold fluid of 2104,9 Watt and efficiency of heat exchanger 30,0%. Inperformance experiment study of heat exchanger shell and tube type, cross-flow 4 pass unmixed with variation of 6 circular fin tube, the optimum result is obtained in cold fluid with a mass flow rate of 0.023 Kg / s with a change of cassava mass of 268,0 gr, heat receiving rate of 1986,6Watt, and heat exchanger efficiency of 28,3%.

Keywords: heat exchanger, fin, volume flow rate, heat, fluid

1. PENDAHULUAN

Berkembangnya dunia industri yang semakin pesat belum menyelesaikan masalah untuk mengurangi angka pengangguran dan menjadi solusi yang tepat untuk kemajuan ekonomi di Indonesia. Berdasarkan hal tersebut kemajuan dalam dunia pertanian mampu menjadi upaya untuk memenuhi kebutuhan pangan dan memajukan sektor ekonomi di Indonesia. Salah satu hasil dari pertanian yang ada di Indonesia adalah singkong. Singkong belakangan ini mulai dilirik sebagai makanan pengganti nasi maupun diolah mejadi makanan-makanan ringan.

Dari sini usaha kecil dan menengah mulai mengolah singkong menjadi makanan yang dapat bertahan lama agar dapat didistribusikan ke kota-kota yang strategis untuk menunjang angka penjualan. Dalam proses pengolahannya agar menjadi awet singkong harus dikeringkan terlebih dahulu. Pengeringan merupakan suatu cara untuk mengeluarkan atau menghilangkan air dari suatu bahan dengan menguapkan sebagian besar air yang dikandung melalui penggunaan energi panas. (Prof. Dr. H. M. Supli Efendi, Ir., M.S., 2012).

Proses pengeringan pada umumnya dilakukan dengan menggunakan sinar matahari. Proses pengeringan dengan metode ini sangat tergantung dengan cuaca. Karena di Indonesia memiliki iklim tropis sehingga memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Hal ini menjadi salah satu kendala yang terjadi disaat musim penghujan yang menyebabkan pengeringan singkong menjadi tidak maksimal dan memerlukan waktu yang

cukup lama jika mengandalkan sinar matahari. Sehingga untuk menunjang jumlah produksi yang tetap stabil dimusim penghujan diperlukan sebuah mesin pengering. Diharapkan dengan adanya mesin pengering mampu mengoptimalkan proses pengeringan menjadi lebih cepat dan menjadi solusi dari kendala cuaca.

Heat exchanger merupakan alat penukar kalor (*enthalpy*) antara dua fluida atau lebih. Secara umum heat exchanger adalah alat yang berfungsi untuk mengubah temperatur dan fasa fluid dengan tujuan sebagai alat pemanas atau pendingi. Proses tersebut dilakukan dengan memanfaatkan perpindahan kalor dari fluida bersuhu tinggi dengan fluida bersuhu rendah. Dalam penelitian-penelitian sebelumnya heat exchanger mengalami perubahan bentuk dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi sesuai dengan fungsi kerjanya. Salah satu tipe yang sering digunakan ialah tipe *shell and tube*. Tipe ini dinilai memiliki banyak keuntungan baik dari segi fabrikasi, biaya, serta unjuk kerjanya. Pada penelitian ini penulis ingin menganalisa *heat exchanger* tipe *shell and tube, cross-flow 4 pass unmixed* dengan variasi 3 circular Fin Tube dengan empat variasi volume flow rate fluida dingin yakni $0.023 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.027 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.029 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $0.031 \text{ m}^3/\text{s}$ dan variasi 6 *circular fin tube* dengan empat variasi volume flow rate fluida dingin yakni $0.023 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.027 \text{ m}^3/\text{s}$, $0.029 \text{ m}^3/\text{s}$, dan $0.031 \text{ m}^3/\text{s}$, untuk mengetahui pengaruh jumlah Fin dengan variasi *mass flow rate* yang terbaik terhadap kinerja *heat exchanger*.

2. METODE

2.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan langkah yang ditempuh dengan mencari jurnal-jurnal penelitian dan buku-buku yang mengkaji mengenai *heat exchanger*. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengenal lebih dalam mengenai pengaruh aliran dan jumlah sirip (*fin*) pada *heat exchanger* tipe *shell and tube, cross-flow unmixed*. Dengan dilakukan studi literatur, dapat dikenali masalah-masalah yang terjadi pada penelitian-penelitian sebelumnya. Sehingga dapat ditentukan rencana kerja dan metode pengambilan data dalam studi eksperimen yang akan dilakukan.

2.2 Bahan dan Alat

2.2.1 Bahan penelitian

Dalam penelitian ini, bahan-bahan yang digunakan akan dijabarkan sebagai berikut sebagai berikut :

- a. Udara
- b. LPG (*Liquid Petroleum Gas*)
- c. Singkong

2.2.2 Alat-alat penelitian

a. *Heat exchanger*

Dalam penelitian ini tipe dari *heat exchanger* yang digunakan adalah tipe *shell and tube, cross-flow unmixed, finned tube* dengan menggunakan dua variasi sirip (*fin*) yaitu 3, dan 6.

- b. *Rotary dryer*
- c. Blower Sentrifugal
- d. Kompor (*burnner*)
- e. *Reader Thermocouple*
- f. *Thermocouple analog*
- g. Anemometer
- h. Timbangan Digital
- i. Timbangan Analog
- j. *Stopwatch*

2.3 Prosedur Pengujian

Dalam penelitian ini, pengujian *heat exchanger* dilakukan dengan penambahan variasi jumlah fin yaitu 3, dan 6 fin. Setiap variasi jumlah fin memiliki masing-masing empat variasi *volume flow rate*, sehingga langkah-langkahnya akan sama dalam pengambilan data per variasi pada 8 kali pengujian. Pengujian dilakukan secara bertahap. Untuk yang pertama dilakukan pengujian pada *heat exchanger* variasi jumlah fin 3 yang diuji dengan empat variasi *volume flow rate*, mulai dari katup tertutup sempurna, katup terbuka 1/3, katup terbuka 2/3, dan katup terbuka sempurna. Hal yang sama juga dilakukan pada tahap pengujian *heat exchanger* dengan variasi

jumlah fin 6. Dengan demikian langkah-langkah pengujian akan dijabarkan sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan bahan dan alat, seperti memasang *heat exchanger* dengan *rotary dryer*, memasang LPG dan kompor.
- 2) Mengukur kecepatan aliran udara dari blower dengan menggunakan anemometer. Kecepatan aliran udara blower diukur mulai dari katup tertutup sempurna, katup terbuka 1/3, katup terbuka 2/3, hingga katup terbuka sempurna. Kemudian memasang blower pada saluran fluida dingin yang masuk pada *heat exchanger*.
- 3) Mengukur putaran pada pulley yang memutar *rotary dryer* dengan menggunakan *tachometer*.
- 4) Memasang alat ukur seperti *reader thermocouple* dan *thermocouple* pada keempat saluran fluida pada *heat exchanger*.
- 5) Melakukan pemanasan awal pada *heat exchanger* sampai temperatur yang ditunjukkan pada alat ukur stabil. Hal ini dilakukan agar pengambilan data pada penelitian dapat memperoleh hasil yang stabil.
- 6) Menyiapkan singkong yang akan dikeringkan dengan cara mengupas singkong terlebih dahulu, dan kemudian memotong tipis melintang dan kecil untuk mempermudah pengeringan pada singkong.
- 7) Setelah melakukan pemanasan awal, LPG diukur massanya dengan timbangan analog untuk mengetahui perubahan massa dari LPG saat pengujian nanti.
- 8) Setelah semua alat siap dan berjalan dengan normal, singkong yang telah dipotong-potong kemudian ditimbang sebanyak 1 kg dengan timbangan digital dan dimasukkan kedalam *rotary dryer*.
- 9) Dalam pengujian yang pertama dilakukan pada *heat exchanger* dengan variasi jumlah sirip (fin) 3 dan variasi *volume flow rate* sebesar 0,023 m³/s yaitu dengan kondisi katup blower tertutup sempurna.
- 10) Setelah semua alat dan bahan telah siap, maka menyalakan kompor, kemudian menghidupkan blower dan *rotary dryer*. Proses pengeringan berlangsung selama 30 menit pada setiap variasi *volume flow rate*.

- 11) Selama mesin beroperasi, temperatur fluida pada *heat exchanger* dicatat setiap 10 menit sekali.
- 12) Setelah 30 menit proses pengujian berlangsung, mematikan semua alat seperti blower, *rotary dryer*, dan kompor secara bersamaan.
- 13) Kemudian mengukur massa singkong untuk mendapatkan hasil perubahan massa singkong setelah proses pengeringan dan mengukur massa dari LPG.
- 14) Melakukan hal yang sama dari poin e-m untuk pengujian variasi volume flow rate 0,027 m³/s, 0,029 m³/s, 0,031 m³/s pada jumlah sirip 3.
- 15) Melakukan hal yang sama dari poin a-n untuk pengujian variasi jumlah sirip 6.

Dari hasil pengukuran kecepatan aliran pada blower dan diameter saluran fluida dingin masuk *heat exchanger* maka didapatkan nilai *volume flow rate* dengan katub blower tertutup sempurna yaitu 0,023 m³/s, katub terbuka 1/3 yaitu 0,027 m³/s, katub terbuka 2/3 yaitu 0,029 m³/s, dan katub terbuka sempurna yaitu 0,031 m³/s.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisa Perhitungan

Berdasarkan data-data dari hasil pengujian *heat exchanger* dengan variasi jumlah sirip (*Fin*) 3 dan 6 dan variasi *volume flow rate* 0,23 Kg/s; 0,27 Kg/s; 0,29 Kg/s; 0,31 Kg/s, maka dengan metode analisa perhitungan yang sama, didapat hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 1. hasil analisa perhitungan *heat exchanger* dengan variasi 3 Fin

No.	\dot{V}_c	T_{cm}	ρ_c	Cp_c	μ	Pr	T_{hm}	Cp_h	\dot{m}_{LPG}	HHV
	$(\frac{m^3}{s})$	(°C)	$(\frac{Kg}{m^3})$	$(\frac{J}{Kg \cdot K})$	$(\frac{Kg}{m \cdot s})$		(°C)	$(\frac{J}{Kg \cdot K})$	$(\frac{Kg}{s})$	$(\frac{KJ}{Kg})$
					$\times 10^{-5}$				$\times 10^{-4}$	
1.	0,023	84,15	0,9879	1008	2,1138	0,7144	589,7	1112,7	1,4	50152
2.	0,027	85,95	0,9829	1008	2,1216	0,7140	505,2	1072,1	1,4	50152
3.	0,029	80,85	0,9970	1008	2,0997	0,7152	465,6	1084,7	1,4	50152
4.	0,031	82,15	0,9934	1008	2,1052	0,7149	426,6	1075,4	1,4	50152

Variasi 3 Fin				
$\dot{V}_c (m^3/s)$	0,023	0,027	0,029	0,031
$\dot{m}_c (Kg/s)$	0,023	0,027	0,029	0,031
$\Delta T_c (^{\circ}C)$	74,9	78,1	71,5	65,7
$q_c (W)$	1715,6	2104,9	2098,3	2052,7
$\dot{m}_h (Kg/s)$	0,003	0,005	0,005	0,006
$C_c (W/^{\circ}K)$	22,9	27,0	29,3	31,2
$C_h (W/^{\circ}K)$	3,1	5,0	5,5	6,4
$C (W/^{\circ}K)$	0,135	0,185	0,187	0,206
$q_{max} (W)$	2542,9	3340,8	3355,3	3451,2
$A_s (m^2)$	0,158	0,158	0,158	0,158
ε	0,6746	0,6300	0,6253	0,5947
NTU	1,3	1,2	1,1	1,0
$U (W/m^2 \cdot ^{\circ}K)$	25,5	37,8	38,1	40,6
Re	80550,70	94435,15	103904,65	110328,16
Nu	169,11	192,01	207,40	217,56
$q_{LPG} (W)$	7021,28	7021,28	7021,28	7021,28
$\eta (\%)$	24,4	30,0	29,9	29,2

Tabel 2. Hasil analisa perhitungan *heat exchanger* dengan variasi 6 Fin

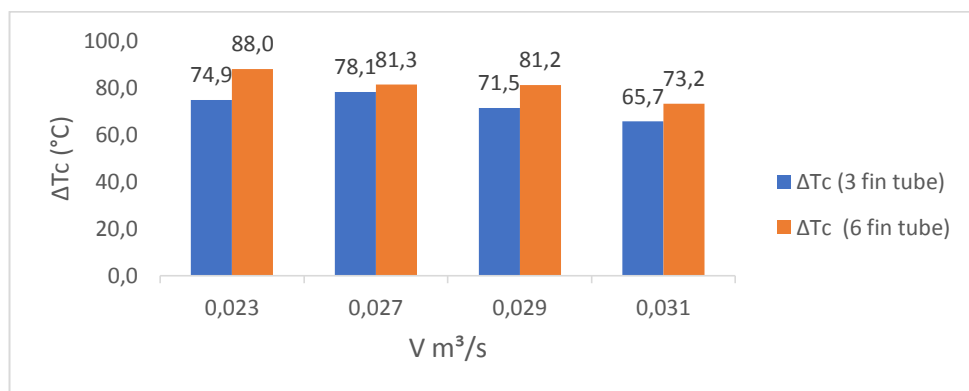
No.	\dot{V}_c	T_{cm}	ρ_c	Cp_c	μ	Pr	T_{hm}	Cp_h	\dot{m}_{LPG}	HHV
	$(\frac{m^3}{s})$	$(^{\circ}C)$	$(\frac{Kg}{m^3})$	$(\frac{J}{Kg \cdot K})$	$\times 10^{-5}$ $(\frac{Kg}{m \cdot s})$		$(^{\circ}C)$	$(\frac{J}{Kg \cdot K})$	$\times 10^{-4}$ $(\frac{Kg}{s})$	$(\frac{KJ}{Kg})$
1.	0,023	89,3	0,9737	1008,0	2,135	0,7133	508,8	1094,9	1,4	50152
2.	0,027	84,35	0,9873	1008,0	2,114	0,7144	524,6	1098,4	1,4	50152
3.	0,029	81,1	0,9962	1008,1	2,101	0,7151	471,4	1086,1	1,4	50152
4.	0,031	76,7	1,0085	1008,0	2,081	0,7161	435,0	1077,4	1,4	50152

Variasi 6 Fin				
$\dot{V}_c (m^3/s)$	0,023	0,027	0,029	0,031
$\dot{m}_c (Kg/s)$	0,022	0,027	0,029	0,031
$\Delta T_c (^\circ C)$	88	81,3	81,2	73,2
$q_c (W)$	1986,6	2201	2381,3	2321,7
$\dot{m}_h (Kg/s)$	0,004	0,003	0,004	0,004
$C_c (W/^\circ K)$	22,6	27,1	29,3	31,7
$C_h (W/^\circ K)$	4,0	3,8	4,3	4,1
$C (W/^\circ K)$	0,176	0,142	0,148	0,129
$q_{max} (W)$	2831,2	2945,2	3061,9	2782,4
$A_s (m^2)$	0,266	0,266	0,266	0,266
ε	0,702	0,747	0,778	0,834
NTU	1,3	1,4	1,5	2,3
U	19,4	20,2	24,5	35,6
Re	78568,68	95168,01	103762,72	113259,40
Nu	165,67	193,24	207,16	222,32
$q_{LPG} (W)$	7021,28	7021,28	7021,28	7021,28
$\eta (\%)$	28,3	31,3	33,9	33,1

3.2 Pembahasan

Berdasarkan analisa perhitungan teoritis dari dua variasi sirip(*fin*) dan empat variasi *volume flow rate* maka dapat diketahui performansi dari *heat exchanger shell and tube cross-flow unmixed* sebagai berikut :

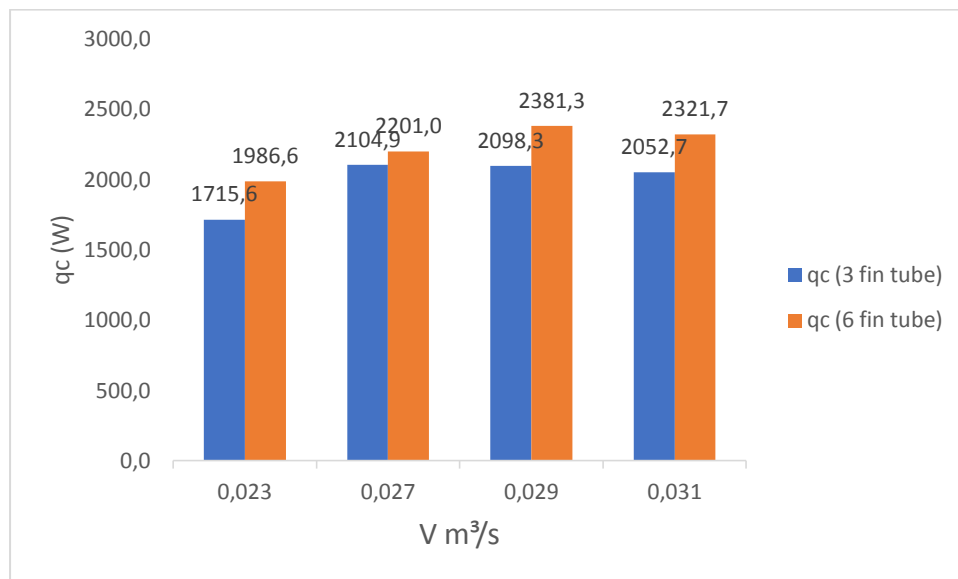
3.2.1 Pengaruh *volume flow rate* (\dot{v}_c) fluida dingin terhadap perubahan temperatur fluida dingin (ΔT_c) pada *heat exchanger 3 fin tube* dan *6 fin tube*



Grafik 1. Pengaruh *volume flow rate*(\dot{v}_c) fluida dingin terhadap perubahan temperatur fluida dingin (ΔT_c) pada *heat exchanger 3 fin tube* dan *6 fin tube*

Pada Heat Exchanger dengan variasi 3 fin tube menunjukkan perubahan temperatur fluida dingin terbesar adalah 78,1°C pada *volume flow rate* 0.027 m³/s. Sedangkan pada variasi Heat exchanger dengan variasi 6 fin tube diperoleh perubahan temperatur fluida dingin terbesar yakni 88,0 °C pada volume flow rate 0,023 m³/s. Sehingga berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa semakin bertambahnya jumlah fin maka perubahan temperatur fluida dingin akan semakin meningkat.

3.2.2 Pengaruh *volume flow rate* (\dot{v}_c) fluida dingin terhadap laju kalor yang diterima oleh fluida dingin (\dot{q}_c) pada *heat exchanger* 3 *fin tube* dan 6 *fin tube*

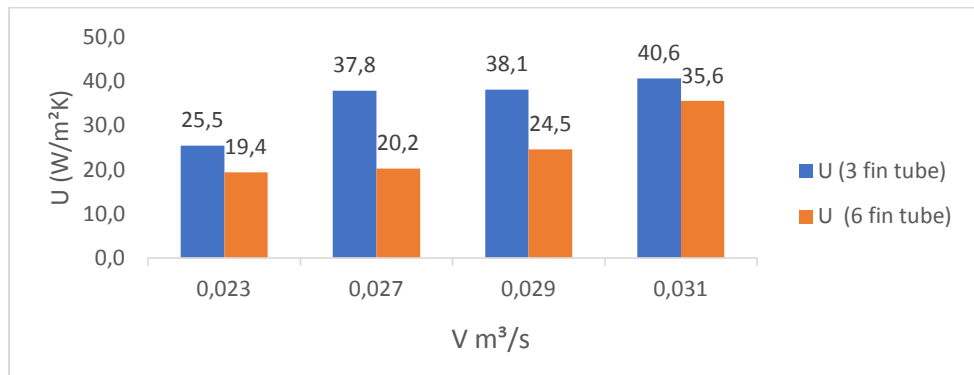


Grafik 2. Pengaruh *volume flow rate* (\dot{v}_c) fluida dingin terhadap laju kalor yang diterima oleh fluida dingin (\dot{q}_c) pada *heat exchanger* 3 *fin tube* dan 6 *fin tube*

Pada Heat Exchanger dengan variasi 3 fin tube menunjukkan nilai laju perpindahan kalor fluida dingin (\dot{q}_c) yang tertinggi yaitu 2104,9 W pada volume flow rate 0,027 m³/s. Sedangkan pada Heat Exchanger dengan variasi 6 fin tube menunjukkan nilai laju kalor yang diterima fluida dingin (\dot{q}_c) yang tertinggi yaitu 2381,3 W pada volume flow rate 0,029 m³/s. Nilai laju kalor yang diterima fluida dingin (\dot{q}_c) akan meningkat hingga titik tertentu seiring dengan meningkatnya volume

flow rate (\dot{V}_c) kemudian akan turun meskipun nilai volume flow (\dot{V}_c) rate terus meningkat.

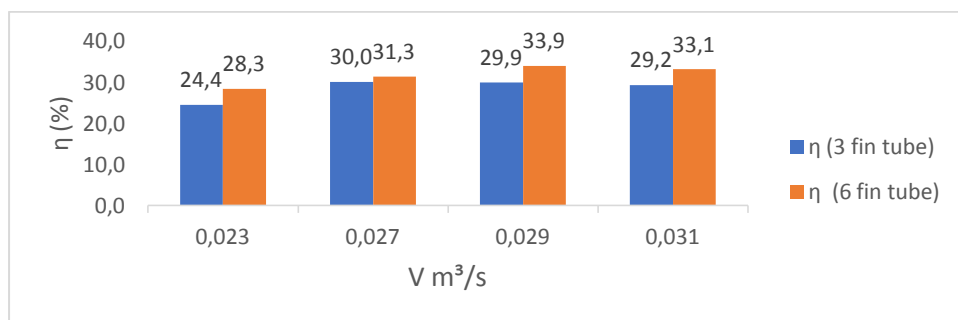
3.2.3 Pengaruh *volume flow rate* (\dot{v}_c) fluida dingin terhadap koefisien perpindahan kalor total (U) pada *heat exchanger 3 fin tube* dan *6 fin tube*



Grafik 3. Pengaruh *volume flow rate* (\dot{v}_c) fluida dingin terhadap koefisien perpindahan kalor total (U) pada *heat exchanger 3 fin tube* dan *6 fin tube*

Pada heat exchanger dengan variasi 3 fin tube menunjukkan nilai koefisien perpindahan kalor total (U) tertinggi 40,6 W/m²K pada volume flow rate 0,031 m³/s. sedangkan pada heat exchanger dengan variasi 6 fin tube menunjukkan nilai koefisien perpindahan kalor total (U) tertinggi 35,6 W/m²K pada volume flow rate 0,031. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien perpindahan kalor total akan meningkat seiring dengan meningkatnya volume flow rate dan akan menurun seiring dengan bertambahnya jumlah fin.

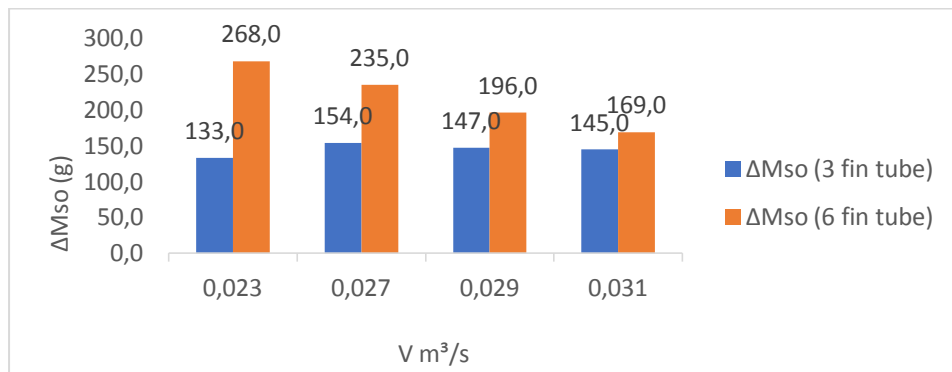
3.2.4 Pengaruh *volume flow rate* (\dot{v}_c) fluida dingin terhadap efisiensi *heatexchanger* (η) pada *heat exchanger 3 fin tube* dan *6 fin tube*



Grafik 4. Pengaruh *volume flow rate* (\dot{v}_c) fluida dingin terhadap efisiensi *heat exchanger* (η) pada *heat exchanger 3 fin tube* dan *6 fin tube*

Pada heat exchanger dengan variasi 3 fin tube menunjukkan nilai efisiensi heat exchanger tertinggi 30% pada volume flow rate $0,027 \text{ m}^3/\text{s}$. Sedangkan pada heat exchanger dengan variasi 6 fin tube menunjukkan nilai efisiensi heat exchanger tertinggi 33,9% pada volume flowrate $0,029 \text{ m}^3/\text{s}$. Jadi dapat disimpulkan bahwa efisiensi heat exchanger akan naik hingga titik tertentu seiring dengan meningkatnya volume flowrate, kemudian akan turun meskipun nilai volume flowrate tetap naik.

4.5.5. Pengaruh *volume flow rate* (\dot{V}_c) fluida dingin terhadap perubahan massa singkong (Δm_s) sebagai beban pengeringan menggunakan *heat exchanger 3 fin tube* dan *6 fin tube*



Grafik 5. Pengaruh *volume flow rate* (\dot{V}_c) fluida dingin terhadap perubahan massa singkong (Δm_s) sebagai beban pengeringan menggunakan *heat exchanger 3 fin tube* dan *6 fin tube*

Pada heat exchanger dengan variasi 3 fin tube menunjukkan nilai perubahan massa beban pengeringan (Δm_s) tertinggi 154,0 gr pada volume flow rate $0,027 \text{ m}^3/\text{s}$. Sedangkan pada heat exchanger dengan variasi 6 fin tube menunjukkan nilai perubahan massa beban pengeringan (Δm_s) tertinggi 268,0 gr pada volume flow rate $0,023 \text{ m}^3/\text{s}$, untuk Heat Exchanger yang menggunakan 6 fin didapatkan hasil semakin bertambahnya volume flowrate (\dot{V}_c) maka perubahan massa beban pengeringan (Δm_s) semakin menurun, sedangkan untuk Heat Exchanger yang menggunakan 3 fin didapatkan hasil perubahan massa beban pengeringan (Δm_s) meningkat pada titik volume flowrate (\dot{V}_c) optimun, kemudian akan menurun meskipun volume flowrate (\dot{V}_c) bertambah.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian dan analisa perhitungan teoritis menggunakan metode *effectiveness-NTU*, maka dari studi eksperimen perfomansi *heat exchanger shell and tube, cross-flow multipass unmixed, finned tube* dengan variasi penambahan jumlah sirip (fin) 3, dan 6 dengan masing-masing variasi *volume flow rate* yaitu 0,023 m³/s; 0,027 m³/s; 0,029 m³/s; 0,031 m³/s sebagai pengering singkong, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Pada Heat Exchanger yang menggunakan 3 Fin Tube pengaruh perubahan *volume flow rate* (\dot{V}_c) terhadap perubahan temperatur fluida dingin (ΔT_c) akan naik pada suatu nilai tertentu, kemudian perubahan temperatur fluida dingin (ΔT_c) akan menurun meskipun nilai *volume flow rate* (\dot{V}_c) semakin naik, sedangkan pada variasi Heat Exchanger yang menggunakan 6 Fin Tube perubahan temperatur fluida dingin (ΔT_c) akan semakin menurun apabila nilai *volume flow rate* (\dot{V}_c) semakin naik.
- 2) Nilai laju kalor yang di terima fluida dingin (\dot{q}_c) akan meningkat hingga titik tertentu seiring dengan meningkatnya *volume flow rate* (\dot{V}_c) kemudian akan turun meskipun nilai *volume flow rate* (\dot{V}_c) terus meningkat, pada Heat Exchanger yang menggunakan variasi 3 Fin Tube titik optimum terjadi pada *volume flow rate* 0,027 m³/s yakni 2104,9 W, sedangkan pada Heat Exchanger yang menggunakan variasi 6 Fin Tube titik optimum terjadi pada *volume flow rate* 0,029 m³/s yakni 2381,3 W.
- 3) Nilai koefisien perpindahan kalor total (U) akan meningkat seiring dengan meningkatnya *volume flow rate* (\dot{V}_c), hal tersebut terjadi pada kedua variasi Heat exchanger, baik yang menggunakan 3 Fin Tube maupun yang menggunakan 6 Fin Tube.
- 4) Efisiensi heat exchanger (η) akan naik hingga titik tertentu seiring dengan meningkatnya *volume flowrate* (\dot{V}_c), kemudian akan turun meskipun nilai *volume flowrate* (\dot{V}_c) tetap naik. Pada Heat Exchanger yang menggunakan variasi 3 Fin Tube nilai optimum terjadi pada *volume flow rate* 0,027 m³/s

yakni 30%, sedangkan Pada Heat Exchanger yang menggunakan variasi 6 Fin Tube nilai optimum terjadi pada volume flow rate 0,029 m³/s yakni 33,9 %.

- 5) Untuk Heat Exchanger yang menggunakan 6 Fin Tube didapatkan hasil semakin bertambahnya volume flowrate (\dot{V}_c) maka perubahan massa beban pengeringan (Δm_s) semakin menurun, sedangkan untuk Heat Exchanger yang menggunakan 3 fin Tube didapatkan hasil perubahan massa beban pengeringan (Δm_s) meningkat pada titik volume flowrate (\dot{V}_c) optimum yakni 0,027 m³/s dengan perolehan perubahan massa beban pengeringan (Δm_s) sebesar 154 gr, kemudian akan menurun meskipun volume flow rate dinaikkan.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS, 2015. Produksi Tanaman Pangan. Available at: <https://www.bps.go.id/site/resultTab> [Accessed May 1, 2018].
- Cengel, yunus A., 2003. *HEAT TRANSFER A Practical Approach* 2nd ed., New York: McGraw-Hill Companies, Inc. All.
- Hernanto, W.N.A., 2017. *Rancang Bangun dan Pengujian Heat Exchanger Cross Flow Unmixed, Finned Tube Four Pass, Untuk Mengeringkan Empon-Empon dengan Variasi Mass Flow Rate*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Holman, J.P., 2010. *HEAT TRANSFER* 10th ed., New York: McGraw-Hill Companies, Inc. All.
- Setiawan, B., 2017. *Rancang Bangun dan Pengujian Heat Exchanger Cross Flow Unmixed, Non Finned Tube Four Pass, Untuk Mengeringkan Empon-empon dengan Variasi Mass Flow Rate*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wais, P., 2016. Correlation and numerical study of heat transfer for single row cross-flow heat exchangers with different fin thickness. *Elsevier Ltd*, pp.177–184.